

## НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ

УДК 681.121

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДМІННОСТЕЙ В РОБОТІ ПРИЛАДІВ ОБЛІКУ ГАЗУ НА ПРИРОДНОМУ ГАЗІ ТА ПОВІТРІ

*Бродин Ю. І., Івано-Франківський Національний технічний університет нафти і газу, м.  
Івано-Франківськ, Україна*

*В статті представлені результати досліджень роботи лічильників газу на їх натуральному робочому середовищі – природному газі, та на середовищі-заміннику – повітрі. Дослідження вказують на суттєві відмінності метрологічних характеристик лічильників, зокрема значення їх похибок (до 0,2–0,8%) та форми характеристичних кривих, і вказують на необхідність проведення повірки лічильників на їх натуральному робочому середовищі*

#### **Вступ**

Відомі обставини, що склалися на ринку енергоресурсів України, вимагають підвищення точності засобів обліку природного газу та їх метрологічного забезпечення, зокрема випробувальних установок (ВУ) для відтворення і вимірювання об'єму і об'ємної витрати газу, за допомогою яких ці прилади калібруються і повіряються.

Сучасні ВУ – це складні інформаційно-вимірювальні системи, в яких при їх роботі одночасно мають місце як газогідродинамічні та механічні процеси, так і процеси збору і обробки вимірювальної інформації. Незважаючи на високу точність сучасних ВУ (загальна зведена похибка відтворення одиниці об'єму досягається  $\pm 0,1\%$  і нижче), постійно ведуться дослідження з метою подальшого підвищення їх точності.

Однак, в Україні, а також на теренах колишнього СРСР, до даного часу не проводилося детальних досліджень відмінностей, що виникають при повірці за допомогою ВУ лічильників чи витратомірів газу з використанням повітря, що є середовищем-замінником, замість натурального робочого середовища таких приладів – природного газу чи ін. Це пояснюється зокрема тим, що використання повітря замість природного газу спрощує конструкцію ВУ і значно знижує вимоги до техніки безпеки при їх експлуатації. Вважається, що така заміна не лише допустима, але й доцільна. На користь цього приводилися такі аргументи: 1) При повірці не потрібно визначати густину робочого середовища; 2) Забезпечується стійка повторюваність результатів повірки; 3) Гарантується повна безпека повірки.

З усіма приведеними аргументами неможливо не погодитись, однак сучасні, вкрай високі вимоги до точності таких установок, а також високий рівень розвитку вимірювальної техніки і закордонний досвід наводять на думку, що кінцево про доцільність заміни природного газу на повітря-замінник при повірці лічильників можна судити лише детально проаналізувавши і підтвердивши на

практиці вплив такої заміни на перебіг процесів, що відбуваються при повірці приладу за допомогою ВУ, а також під час його експлуатації в реальних умовах.

Для дослідження відмінностей в роботі закордонних приладів обліку газу на природному газі та повітрі ми скористались інформацією [1] та каталогів продукції [2 - 4] фірм-виробників таких приладів.

### Дослідження та аналіз проблеми

Аналіз відмінностей найкраще проілюструвати графіками рис. 1, на якому наведено типові характеристики приладів деяких відомих на Україні закордонних виробників.

Проведений аналіз вказує на явні відмінності, що виникають в роботі закордонних приладів на різних середовищах. Так, можна стверджувати, що зі зменшенням густини та в'язкості робочого середовища та, відповідно, збільшенням його стисливості, чутливість приладів підвищується а їх похибка зростає. Причому в діапазоні витрат нижче середніх у приладів різних типів загалом спостерігається незначна відмінність показів при роботі з газами різних фізико-хімічних властивостей. В діапазоні ж витрат вище середньої практично усі прилади демонструють розбіжності метрологічних характеристик при дослідженнях на середовищах з відмінними фізико-хімічними властивостями, причому зі зменшенням густини та в'язкості робочого середовища та, відповідно, збільшенням його стисливості, похибка приладів зростає і, наприклад, при роботі на природному газі перевищує похибку на повітрі на 0,2...0,8% в залежності від конструкції приладу. Відзначимо також те, що характеристичні криві приладів на газі є більш пологими, ніж на повітрі.

Дослідження відмінностей, що виникають при роботі вітчизняних побутових роторних лічильників газу (ЛГ) типу РЛ-6 на повітрі та газі було проведено за допомогою уточненої математичної моделі таких приладів. Для лічильника типу РЛ-6 записано рівняння необліковуваних перетоків газу в щілинних зазорах вимірювального механізму приладу та викликані ними похибки лічильника:

– при роботі на повітрі

$$q_{нов} = 0,047\Delta P'_{нов} + 1,72\sqrt{\Delta P_{нов}} + 0,027\Delta P_{нов}, \text{ дм}^3/\text{хв}; \quad (1)$$

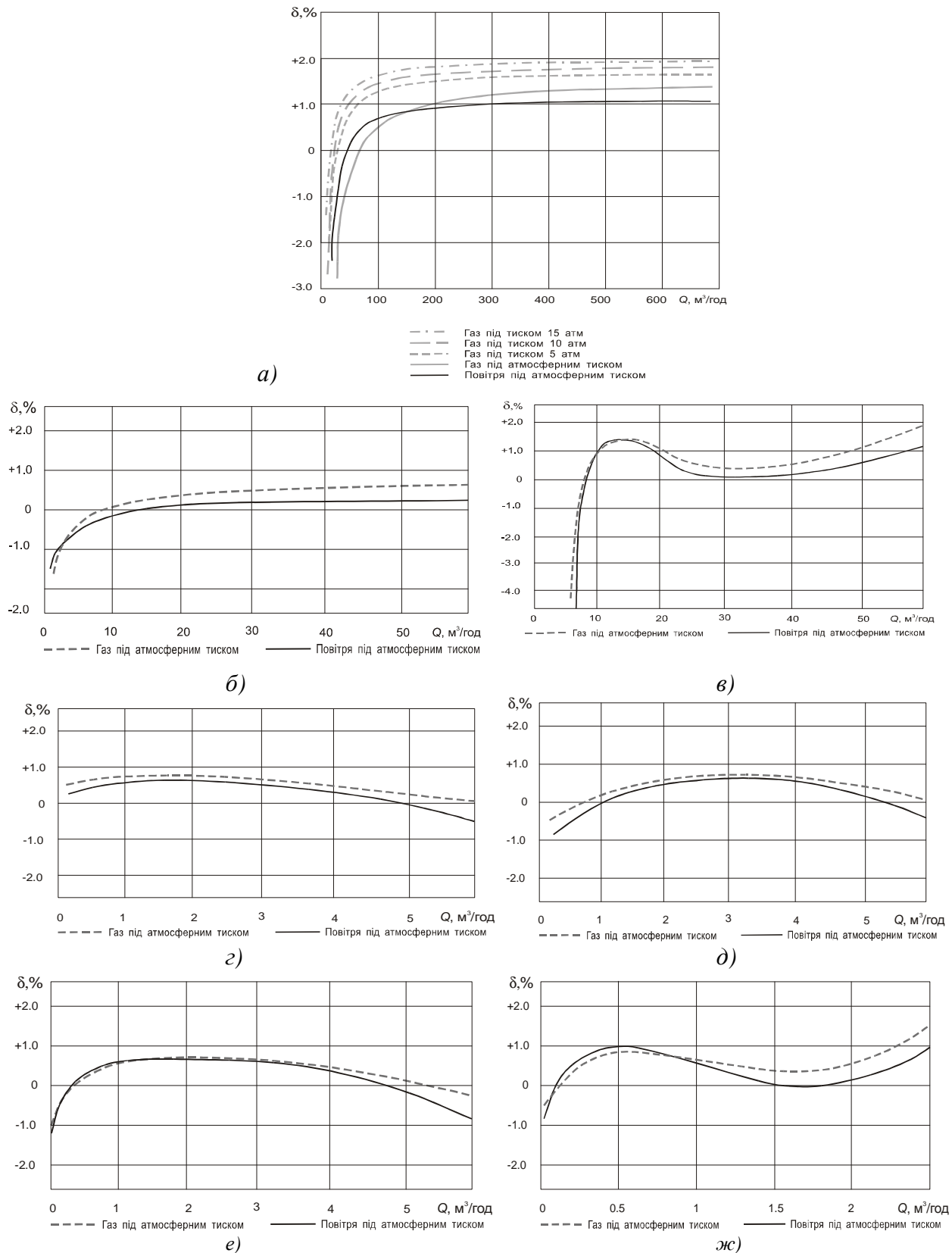
$$\delta_{нов} = \frac{0,066n - (0,062n + q_{нов})}{(0,062n + q_{нов})} \cdot 100\% \quad ; \quad (2)$$

– при роботі на природному газі

$$q_{газ} = 0,077\Delta P'_{газ} + 2,31\sqrt{\Delta P_{газ}} + 0,039\Delta P_{газ}, \text{ дм}^3/\text{хв}; \quad (3)$$

$$\delta_{газ} = \frac{0,066n - (0,062n + q_{газ})}{(0,062n + q_{газ})} \cdot 100\% \quad (4)$$

де  $n$  – кількість обертів роторів ЛГ за хвилину;  $\Delta P$  – втрата тиску, що створюється відліковим механізмом ЛГ;  $\Delta P'$  – складова втрати тиску з врахуванням швидкісного перепаду, що створюється при значних швидкостях обертання роторів;  $q$  та  $\delta$  – відповідно необліковувані перетоки газу в щілинних зазорах вимірювального механізму приладу та викликані ними похибки лічильника. Індекс “нов” у вказаних змінних відповідає результатам для повітря, індекс “газ” – для газу.



а) роторний лічильник NB500 (Gaselan, Німеччина) [1]; б) цифровий роторний лічильник RM55 (ROMET Limited, Канада) [2]; в) турбінний витратомір MTS 50 (Schlumberger, Франція) [3]; г) мембранний лічильник G 6-RF 1 (Schlumberger, Франція) [3]; д) мембранний лічильник G 6-Gallus 2000 (Schlumberger, Франція) [3]; е) мембранний лічильник G 6 типу ВК (Premagas, Словаччина) [4]; ж) мембранний лічильник G 2.5 типу PG (Premagas, Словаччина) [4].

Рисунок 1 – Типові характеристики приладів обліку газу при їх роботі на повітрі (густина  $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ) та на газі (густина  $\rho = (0,67...0,73) \text{ кг/м}^3$ ):

Побудовано аналітичні криві (рис. 2) залежностей похибки та втрати тиску на лічильнику типу РЛ-6 при роботі на повітрі та природному газі. Згідно з результатами моделювання, втрата тиску при роботі на повітрі є більшою, ніж при роботі на природному газі, причому ця різниця на малих витратах є незначною, а на максимальних досягає 35%; похибка приладу при роботі на газі зростає за абсолютним значенням внаслідок збільшення необліковуваних перетоків, що призводить до заниження показів приладу в середньому на 0,8% із зміщенням кривої його похибок в сторону менших значень (див. рис. 2).

### Обговорення результатів

Отримані результати вказують на необхідність калібрування приладів обліку газу безпосередньо на природному газі, а отже, забезпечення можливості роботи на ньому і ВУ. Тут можуть стати у пригоді закордонні наробики в цьому напрямку [5, 6], а також певний досвід, набутий нами при розробці, створенні й метрологічній атестації дводзвонової мало-витратної комп'ютеризованої ВУ підвищеної точності ОКМА-0,3 для калібрування, повірки і метрологічних досліджень роторних та мембранних ЛГ на витратах від 0,1 до 12 м<sup>3</sup>/год. В цій установці введено нову конструкцію витіснювачів, заповнених мало-в'язкою низьковипаровуваною оливою, а також забезпечено можливість роботи в замкненому циклі як на середовищі-заміннику – повітрі, так і на натуральному робочому середовищі – природному газі.

### Висновки

За результатами Державної метрологічної атестації установку ОКМА-0,3 впроваджено в Управлінні газового господарства м. Бендер (Молдова) з межами сумарної відносної похибки  $\pm 0,12\%$ . Впровадження установки дозволило, серед іншого, експериментально підтвердити адекватність наведених залежностей (1)...(4).

### Література

1. Eujen Ernst. Betrachtungen uber den Einfluß von Gasart und Gasdruck auf die Anzeige von Drehkolbengaszählern. – "GWF-Gas/Erdgas". – 1970. – № 12. – P. 657–666.
2. Rotary Meters / Рекламний проспект фірми Romet Limited. – Bul. No 303, 2001. – 26 p.
3. Книга по газу / Рекламний проспект фірми Schlumber Rombach. – 2000. – 126 с.

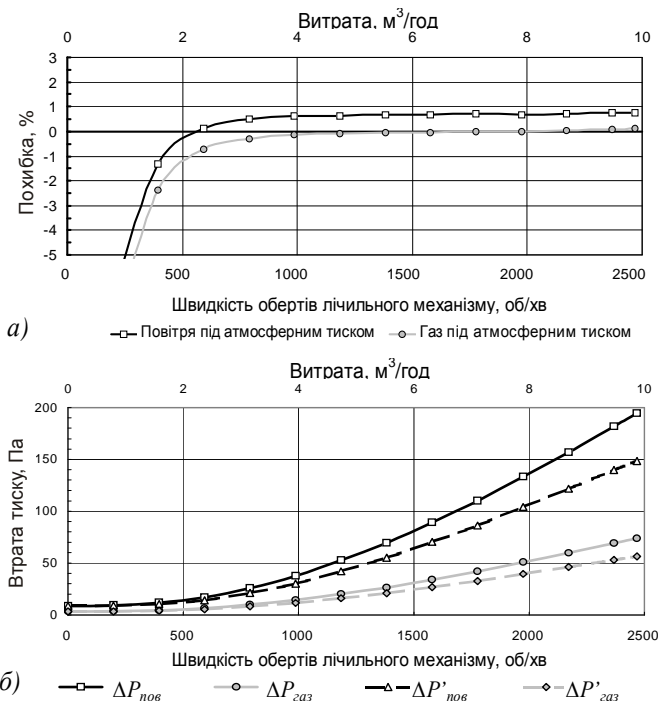


Рис. 2 Аналітичні криві похибок (а) та втрати тиску (б) на лічильнику РЛ-6 при його роботі на повітрі ( $\Delta P_{\text{пов}}$  та  $\Delta P'_{\text{пов}}$ ) та природному газі ( $\Delta P_{\text{газ}}$  та  $\Delta P'_{\text{газ}}$ ), побудовані на основі марематичної моделі необліковуваних перетоків у його щільних зазорах.

4. Membranovy plynometry G4, G6 (tup PG), G1.6, G2.5, G4, tup BK / Рекламний проспект фірми Premagas. – 2000. – 12 с.
5. Measurement of large gas flows/Рекламний проспект Інституту Метрології Нідерландів. – 2000. – 8 р.
6. Peter F.M. Jongerius, Mijndert P. Van Der Beek, Jos G.M. Van Der Grinten Calibration facilities for industrial gas flow meters in The Netherlands – Flow Meas. Instrum., Vol. 4, No 2. – 1993. – p. 77–84.

<p>Бродин Ю. И. Исследование отличий в работе приборов учета газа на природном газе и воздухе.</p> <p>В статье представлены результаты исследований работы счетчиков газа на их натуральной рабочей среде – природном газе, и на среде-заменителе – воздухе. Исследования показывают существенные отличия метрологических характеристик счетчиков, в частности значения их погрешностей (до 0,2–0,8%) и формы характеристических кривых, и указывают на необходимость проведения поверки счетчиков их натуральной рабочей средой.</p>	<p>Brodyn Y. Analysis of the difference between functioning of the gas flow-meters using natural gas and air.</p> <p>Analysis results of functioning of the gas flow-meters using it's original medium – natural gas, as well as the substitute medium – air, are presented. Analysis shows the essential difference between it's metrological characteristics, in particular it's errors (up to 0,2–0,8%) as well as the form of it's characteristic curves and indicates the necessity of calibrating gas-meters using it's original medium.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Надійшла до редакції  
7 вересня 2003 року*

УДК 534.26

## ОДНОВИМІРНА ЗАДАЧА РУХУ ПОПЛАВКА В АКУСТИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

*Карачун В.В., Мельник В.М., Кундеревиц Є.К., Саверченко В.Г.  
Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,  
м. Київ, Україна*

*Визначено рух поплавок двохступеневого гіроскопа під дією акустичного випромінювання в залежності від в'язко-пружних властивостей підвісу*

### **Вступ. Постановка задачі**

Під дією акустичної хвилі поплавків разом з гіроагрегатом буде здійснювати поступальний рух в напрямку розповсюдження випромінювання. Природно, що величина його переміщення буде обмежена геометрією опор.

Примусовий рух поплавок за цих обставин призводить до додаткового тиску на вихідну вісь і, тим самим - до збільшення сухого тертя.

Розв'язуючи першу задачу динаміки, можна обчислити рівень цього тиску за формулою :

$$N = M\ddot{U}(t),$$